

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-332822

(43)Date of publication of application : 22.11.2002

(51)Int.Cl.

F01N 3/02
B01D 39/14
B01D 46/42
B01D 53/94

(21)Application number : 2001-141323

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 11.05.2001

(72)Inventor : ASANUMA TAKAMITSU
HIROTA SHINYA

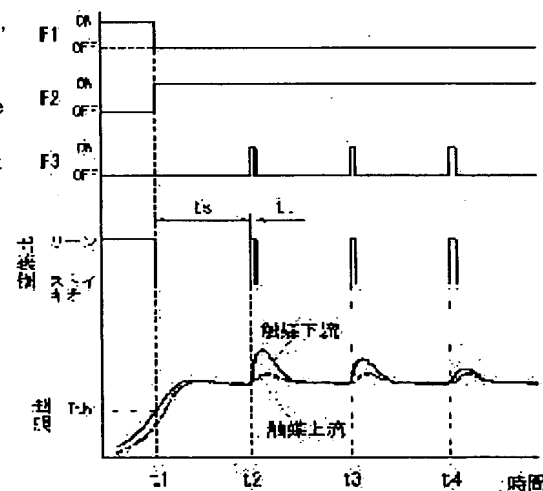
(54) EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE, AND EXHAUST EMISSION CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To burn soot without causing a catalyst to deteriorate, even when much soot is accumulated on the catalyst.

SOLUTION: The soot, contained in exhaust gas in an internal combustion engine, is collected by a filter, and burned by oxidation catalyst carried on the filter.

When a large amount of soot is accumulated on the filter, depending on an operation condition, the filter temperature is raised, then the air-fuel ratio of the exhaust gas is controlled stoichiometrically or richly and is set at the lean air-fuel ratio intermittently for a short time. Thus, oxygen is supplied to the catalyst only little by little, so that soot can be burned in small steps, even when a large amount of soot is accumulated. If the combustion of the soot can be kept in a controllable state, the catalyst temperature will not rise abnormally, and there is no risk of speed up of the deterioration.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-332822

(P2002-332822A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int.Cl.⁷

F 0 1 N 3/02

識別記号

3 2 1

F I

F 0 1 N 3/02

テマコード* (参考)

3 2 1 A 3 G 0 9 0

3 2 1 K 4 D 0 1 9

B 0 1 D 39/14

B 0 1 D 39/14

B 4 D 0 4 8

46/42

46/42

B 4 D 0 5 8

53/94

53/36

1 0 3 C

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願2001-141323(P2001-141323)

(22) 出願日

平成13年5月11日(2001. 5. 11)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 浅沼 孝充

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 広田 信也

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 110000028

特許業務法人 明成国際特許事務所

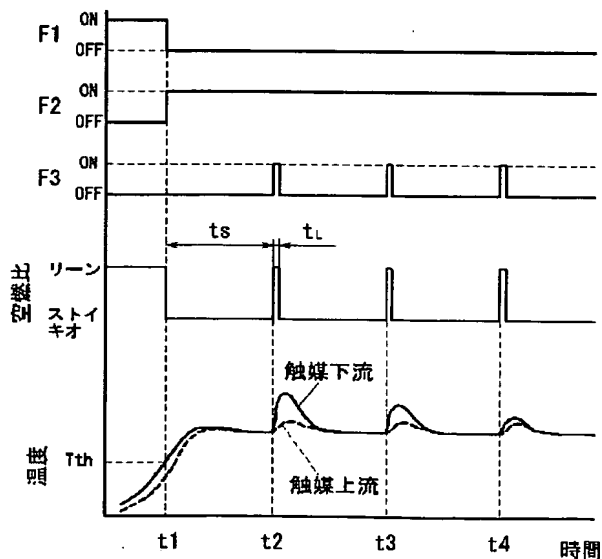
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排気ガス浄化装置、および排気ガスの浄化方法

(57) 【要約】

【課題】 触媒上に多量のススが堆積した場合でも触媒を劣化させることなくススを燃焼させる。

【解決手段】 内燃機関の排ガス中に含まれるススをフィルタで捕集し、フィルタ上に担持した酸化触媒で燃焼させる。運転条件により、フィルタ上にススが多量に堆積した場合は、フィルタ温度を上げた後、排気ガス空燃比をストイキあるいはリッチに制御し、短時間だけ間欠的にリーン空燃比とする。こうすれば、触媒には、少量ずつしか酸素が供給されないため、多量のススが堆積している場合でも、ススを少しずつ燃焼させることができる。こうしてススの燃焼を制御可能な状態に保つことができれば、触媒温度が異常に昇温して劣化を速めるおそれがない。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子を浄化する排気ガス浄化装置であって、前記内燃機関の排気通路に設けられて前記含炭素浮遊微粒子を捕集するとともに、該捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させることによって排気ガスを浄化する排気ガス浄化触媒と、

前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進させる燃焼促進制御を開始するか否かを、該含炭素浮遊微粒子の堆積状況に基づいて判断する促進制御開始判断手段と、

前記燃焼促進制御を開始すると判断した場合には、前記排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進する燃焼促進手段とを備える排気ガス浄化装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記燃焼促進手段は、前記排気ガス浄化触媒の温度を所定温度以上に昇温させて、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進する手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記促進制御開始判断手段は、前記排気ガス浄化触媒上に堆積している前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定することにより、前記判断を行う手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記促進制御開始判断手段は、前記排気ガス浄化触媒の前後における排気ガスの圧力差を検出する圧力差検出手段を備えるとともに、該検出した圧力差から前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定することにより、前記判断を行う手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記促進制御開始判断手段は、前記内燃機関の運転条件を検出し、該運転条件に応じた単位時間あたりの堆積量を累積することによって、前記排気ガス浄化触媒に堆積している前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を算出する堆積量算出手段を備えるとともに、該算出した堆積量と所定の閾値との大小関係に基づいて、前記判断を行う手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 6】 請求項 1 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記燃焼促進手段は、理論空燃比あるいは過濃空燃比の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給しつつ、該排気ガスの空燃比を間欠的に希薄空燃比とすることによって、該排気ガス浄化触媒に供給される酸素量を制限する手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 7】 請求項 1 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記燃焼促進手段は、理論空燃比近傍の希薄側の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給することによって、該排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限する手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 8】 請求項 6 または 7 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記希薄空燃比の排気ガスを供給することによる前記排気ガス浄化触媒の昇温量を検出する昇温量検出手段と、前記検出した昇温量が所定の閾値以下となった場合に、前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の燃焼が完了したものと判断して、前記燃焼促進制御を終了させる促進制御終了手段とを備える排気ガス浄化装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定する堆積量推定手段を備えるとともに、

前記促進制御開始判断手段は、前記推定された堆積量に基づいて前記燃焼促進制御を開始するか否かについての判断を行う手段であり、

前記促進制御終了手段は、前記検出した昇温量が所定の閾値以上の値から該閾値以下の値となったときには、前記燃焼促進制御を終了させるとともに前記含炭素浮遊微粒子の堆積量の値を初期化する手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 10】 請求項 6 または 7 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定する堆積量推定手段と、

前記希薄空燃比の排気ガスを供給することによる前記排気ガス浄化触媒の昇温量を検出する昇温量検出手段と、前記検出した昇温量に基づいて、前記推定された堆積量を補正する堆積量補正手段とを備えるとともに、

前記促進制御開始判断手段は、前記補正された堆積量に基づいて前記燃焼促進制御を開始するか否かについての判断を行う手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記昇温量検出手段は、理論空燃比あるいは過濃空燃比の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給しつつ、該排気ガスの空燃比を間欠的に希薄空燃比へと切り換えたときの、該切換に同期した前記排気ガス浄化触媒の昇温量を検出する手段である排気ガス浄化装置。

【請求項 12】 請求項 1 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記排気ガス浄化触媒は、希薄空燃比の排気ガス中では窒素酸化物とともに該排気ガス中の酸素を蓄積してお

き、過濃空燃比あるいは理論空燃比の排気ガス中では、該蓄積した酸素を活性酸素として放出することにより、前記捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させる触媒である排気ガス浄化装置。

【請求項 13】 請求項 12 記載の排気ガス浄化装置であって、

前記排気ガス浄化触媒は、白金族に属する貴金属に加えて、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類、遷移金属の少なくとも 1 つが担持された触媒である排気ガス浄化装置。

【請求項 14】 内燃機関の排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子を浄化する排気ガス浄化方法であって、前記内燃機関の排気通路に排気ガス浄化触媒を設けることによって、前記含炭素浮遊微粒子を捕集するとともに、該捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させ、前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進させる燃焼促進制御を開始するか否かを、該含炭素浮遊微粒子の堆積状況に基づいて判断し、前記燃焼促進制御を開始すると判断した場合には、前記排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進する排気ガス浄化方法。

【請求項 15】 請求項 14 記載の排気ガス浄化方法であって、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進するに際しては、理論空燃比あるいは過濃空燃比の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給しながら、該排気ガスの空燃比を間欠的に希薄空燃比とすることによって、該排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、燃焼を促進する排気ガス浄化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、内燃機関の排気ガスに含まれる含炭素浮遊微粒子を浄化する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関、特にディーゼル機関の排気ガス中には、黒煙（スス）などの含炭素浮遊微粒子が含まれており、大気汚染を防止する観点から、排出される微粒子の総量を低減させることが強く要請されている。また、燃焼室内に直接ガソリンを噴射する方式の、いわゆる筒内噴射ガソリン機関からも、運転条件によっては排気ガスとともに含炭素浮遊微粒子が排出される場合があるために、同様の要請が存在する。

【0003】これら内燃機関から排出される含炭素浮遊微粒子を大幅に低減可能な技術として、機関の排気通路中に耐熱性のフィルタを設け、排気ガスとともに排出される含炭素浮遊微粒子を該フィルタで捕集するとともに、捕集した微粒子を、フィルタ上に担持した酸化触媒を用いて燃焼させる技術が提案されている（特公平 7-

106290号など）。

【0004】かかる技術は、フィルタ上に酸化触媒を担持しておくことにより、比較的低温の排気ガス中でも、捕集した含炭素浮遊微粒子をフィルタ上で燃焼させることが可能である。一方、かかる技術においては、内燃機関を、排気ガス温度があまりに低い運転条件で長い期間運転していると、フィルタ温度が次第に低下して、捕集した微粒子を燃焼させることができなくなり、フィルタの目詰まりが発生するおそれがある。そこで、低負荷の運転条件で長時間連続して運転されフィルタの目詰まりが懸念される場合や、あるいはフィルタ前後の差圧が増大している場合などには、排気ガスの温度を意図的に上昇させて、フィルタ上の含炭素浮遊微粒子を強制的に燃焼させる。このようにして、捕集した含炭素浮遊微粒子を必要に応じて強制的に燃焼させてやることで、内燃機関から排出される含炭素浮遊微粒子を、大幅に、かつ安定して低減させることが可能となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、フィルタ上に堆積している含炭素浮遊微粒子があまりに多くなると、強制的に燃焼させたときに、堆積している微粒子が一気に燃焼してフィルタ温度を大幅に上昇させ、触媒を劣化させるおそれがあるという問題があった。これは、堆積した含炭素浮遊微粒子の燃焼が始まると、燃焼熱でフィルタ温度が上昇して燃焼が更に促進される結果、堆積した微粒子が一気に燃焼することによる。

【0006】もちろん、強制的な燃焼を頻繁に行って、フィルタ上に多量の含炭素浮遊微粒子が堆積しないようにしておけば、フィルタ温度が大幅に上昇することによる触媒の劣化を回避することは可能であるが、強制的に燃焼させる頻度が高くなれば、それだけ燃料消費量が増大したり、あるいは快適な運転が妨げられるといった新たな問題を引き起こす。

【0007】本発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、フィルタ上に含炭素浮遊微粒子が多量に堆積した場合であっても、フィルタ上の触媒を劣化させることなく、適切に燃焼させることが可能な技術の提供を目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の排気ガス浄化装置は次の構成を採用した。すなわち、内燃機関の排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子を浄化する排気ガス浄化装置であって、前記内燃機関の排気通路に設けられて前記含炭素浮遊微粒子を捕集するとともに、該捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させることによって排気ガスを浄化する排気ガス浄化触媒と、前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進させる燃焼促進制御を開始するか否かを、該含炭素浮遊微粒子の堆積状況に基づいて判断する促進制御開

始判断手段と、前記燃焼促進制御を開始すると判断した場合には、前記排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進する燃焼促進手段とを備えることを要旨とする。

【0009】また、上記の排気ガス浄化装置に対応する本発明の排気ガス浄化方法は、内燃機関の排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子を浄化する排気ガス浄化方法であって、前記内燃機関の排気通路に排気ガス浄化触媒を設けることによって、前記含炭素浮遊微粒子を捕集するとともに、該捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させ、前記排気ガス浄化触媒上に堆積した前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進させる燃焼促進制御を開始するか否かを、該含炭素浮遊微粒子の堆積状況に基づいて判断し、前記燃焼促進制御を開始すると判断した場合には、前記排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進することを要旨とする。

【0010】かかる本発明の排気ガス浄化装置および排気ガス浄化方法においては、前記排気ガス浄化触媒上に前記含炭素浮遊微粒子が堆積すると、該触媒に酸素を供給することで堆積した含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進する。このとき、触媒へ供給される酸素量を制限しながら燃焼を促進させる。このように、酸素の供給量を制限すれば、たとえ触媒上に多量の含炭素浮遊微粒子が堆積している場合であっても、微粒子を少しずつ燃焼させることができるので、触媒の劣化を招くことなく、堆積した含炭素浮遊微粒子を適切に燃焼させることが可能となる。尚、ここで言う「含炭素浮遊微粒子の堆積状況に基づいて」とは、微粒子の堆積量を直接的にあるいは間接的に検出するものに限らず、例えば、運転時間や運転状況などから堆積状況を経験的に推定するものであっても構わない。

【0011】かかる排気ガス浄化装置においては、前記排気ガス浄化触媒の温度を所定温度以上に昇温させるとともに、該触媒へ供給される酸素量を制限しつつ前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進することとしても良い。

【0012】一般に触媒は、触媒温度が高くなると燃焼反応が盛んになるので、前記排気ガス浄化触媒の温度を所定温度以上に昇温させて、供給量を制限しながら酸素を供給してやれば、供給した酸素量に応じて含炭素浮遊微粒子を燃焼させることが可能となるので好ましい。尚、ここで言う「触媒温度」あるいは「触媒の温度」とは、厳密な触媒の温度に限らず、例えば触媒を通過した排気ガス温度などのように、触媒の温度とともに変動する部分の温度で代用することができるのは言うまでもない。

【0013】かかる排気ガス浄化装置においては、前記排気ガス浄化触媒上に堆積している前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定することにより、前記燃焼促進制御を開始するか否かについての判断を行うこととしても良

い。

【0014】触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定すれば、前記燃焼促進制御の開始を適切に判断することが可能となるので好ましい。尚、ここで言う

「含炭素浮遊微粒子の堆積量の推定」とは、含炭素浮遊微粒子の堆積量それ自体を明示的に算出することに限らず、間接的に含炭素浮遊微粒子の堆積量に相当する数値あるいはパラメータを検出することによって、堆積量を暗示的に推定するものであっても構わない。

10 【0015】このような、含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定する上記の排気ガス浄化装置においては、前記排気ガス浄化触媒の前後における排気ガスの圧力差を検出し、検出した検出した圧力差に基づいて、含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定することとしても良い。

【0016】含炭素浮遊微粒子の堆積量が多くなれば、それに連れて前記排気ガス浄化触媒の前後における圧力差も大きくなることから、かかる圧力差に基づいて堆積量を推定すれば、比較的簡便にかつ精度良く堆積量を推定することが可能となるので好ましい。

20 【0017】あるいは、含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定する上記の排気ガス浄化装置においては、次のようにして堆積量を算出しても良い。すなわち、前記内燃機関の運転条件を検出し、該運転条件に応じた単位時間あたりの堆積量を累積することで、前記排気ガス浄化触媒に堆積している前記含炭素浮遊微粒子の堆積量を算出する。次いで、得られた堆積量と所定の閾値との大小関係に基づいて、前記燃焼促進制御を開始するか否かについての判断を行うこととしてもよい。

30 【0018】内燃機関の運転条件を決めてやれば、該運転条件で内燃機関を運転したときに、前記含炭素浮遊微粒子が、前記排気ガス浄化触媒に堆積する単位時間あたりの堆積量を実験的に求めてやることができる。このことから、内燃機関の運転条件に応じて含炭素浮遊微粒子の堆積量を予め求めておき、かかる堆積量を累積すれば、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子の堆積量を、比較的精度良く推定することができる。こうして得られた堆積量に基づいて、前記燃焼促進制御の開始するか否かを判断すれば、適切に判断することが可能となるので好ましい。

40 【0019】あるいは、内燃機関の運転条件に応じて、単位時間あたりに期間が排出する微粒子量と、その運転条件で排気ガス浄化触媒上で単位時間あたりに燃焼する微粒子量とを実験的に求めておき、これらの差をとることによって、排気ガス浄化触媒上に単位時間あたりに堆積する含炭素浮遊微粒子の堆積量を求め、得られた堆積量を累積することとしてもよい。

50 【0020】更には、内燃機関の運転条件に応じて得られた単位時間あたりの微粒子の堆積量を累積する際に、補正係数を乗算してから累積することとしても構わない。こうして補正係数を乗算してから累積することとす

れば、実験条件との違いなどにより生じる要因を適宜補正することで、触媒上に堆積する微粒子量の推定精度を向上させることが可能となるので好ましい。

【0021】また、上述した本発明の排気ガス浄化装置あるいは排気ガス浄化方法においては、前記含炭素浮遊微粒子の燃焼を促進するに際して、理論空燃比あるいは過濃空燃比の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給しつつ、該排気ガスの空燃比を間欠的に希薄空燃比とすることによって、該排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限することとしてもよい。

【0022】こうして、希薄空燃比の排気ガスを間欠的に供給すれば、触媒に供給する酸素量を簡便に制限することができるので好ましい。また、かかる方法においては、排気ガスの空燃比が理論空燃比あるいは過濃空燃比を保っている時間に対して、希薄空燃比の排気ガスを短時間だけ間欠的に供給することとすれば、該希薄空燃比としたときの排気ガスに含まれる酸素濃度が多少濃くなったとしても、該触媒に多量の酸素が供給されることが無いので好ましい。

【0023】尚、排気ガス空燃比を切り換える方法については、内燃機関の運転空燃比を切り換える方法に限定されるものではなく、例えば、排気ガス中に空気を導入することで排気ガスを希薄空燃比としたり、あるいは排気ガス中に追加の燃料を噴射することで排気ガスを理論空燃比あるいは過濃空燃比としても良い。また、もちろん、内燃機関の膨張行程や排気行程中に追加の燃料を噴射することにより、排気ガスを理論空燃比あるいは過濃空燃比としても構わない。

【0024】あるいは、上述した本発明の排気ガス浄化装置においては、理論空燃比に対して僅かに希薄側の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給することによって、該排気ガス浄化触媒へ供給される酸素量を制限しつつ、燃焼を促進することとしてもよい。

【0025】こうすれば、間欠的に空燃比を切り換えずとも、排気ガス浄化触媒に供給される酸素量を制限することができるので好ましい。尚、理論空燃比近傍の希薄側の排気ガスとは、理論空燃比に対して空燃比が「0.2」～「4」だけ大きな値の、より好ましくは空燃比が「0.5」～「2」だけ大きな値の排気ガスとすることができる。値があまりに小さいと、排気ガスを希薄空燃比に保つための制御が複雑化し、かといって値をあまりに大きくしたのでは、排気ガス浄化触媒に供給される酸素量を制限することができなくなるが、空燃比の値をかかるとしておけば、排気ガスを理論空燃比近傍の希薄側に容易に保つことができるので好ましい。

【0026】上述した排気ガス浄化装置においては、前記希薄空燃比の排気ガスを供給することによる前記排気ガス浄化触媒の昇温量を検出するとともに、該検出した昇温量が所定の閾値以下となった場合に、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子の燃焼が完了したものと判断し

て、前記燃焼促進制御を終了してもよい。

【0027】含炭素浮遊微粒子が燃焼すると燃焼熱によって触媒温度が上昇することから、前記排気ガス浄化触媒の昇温量が所定の閾値以下となったときには、触媒上に堆積していた含炭素浮遊微粒子が全て燃焼したものと判断することができる。従って、かかる方法により堆積した微粒子の燃焼完了を判断すれば、燃焼促進制御を適切に終了させることが可能となるので好ましい。

【0028】加えて、かかる排気ガス浄化装置においては、前記検出した昇温量が前記所定の閾値以上の値から該閾値以下となった場合には、前記燃焼促進制御を終了させるとともに前記含炭素浮遊微粒子の堆積量の値を初期化することとしても良い。

【0029】こうすれば、触媒上に堆積する微粒子の推定量に例え誤差が含まれている場合でも、排気ガス浄化触媒上に堆積した微粒子を全て燃焼させる度に誤差をリセットすることで、誤差の蓄積が抑制される結果、堆積量の推定精度を改善することが可能となって好ましい。

【0030】あるいは、かかる排気ガス浄化装置においては、前記検出した昇温量に応じて前記推定された堆積量を補正し、補正した堆積量に基づいて前記燃焼促進制御を開始するか否かについての判断を行うこととしても良い。

【0031】すなわち、前記排気ガス浄化触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子が少なければ、前記希薄空燃比の排気ガスを供給したときの昇温量は小さく、逆に、堆積している微粒子量が多ければ、昇温量は大きくなる。このことから、該触媒の昇温量を検出し、検出した値に応じて、堆積量の推定値を補正すれば、より適切に推定することが可能となるので好ましい。

【0032】かかる排気ガス浄化装置においては、理論空燃比あるいは過濃空燃比の排気ガスを前記排気ガス浄化触媒に供給しつつ、該排気ガスの空燃比を間欠的に希薄空燃比へと切り換えたときの、該切換に同期した前記排気ガス浄化触媒の昇温量を検出することにより、前記推定された微粒子の堆積量を補正することとしても良い。

【0033】間欠的に希薄空燃比の排気ガスを供給すると、触媒上に堆積した微粒子も間欠的に燃焼するので、触媒温度はピーク状に、すなわち、一旦昇温した後直ちに低下する変化を示す。このように触媒温度にピークが表れれば、希薄空燃比の排気ガスを供給したことによる昇温量を容易に検出することができる。昇温量の検出が容易になれば、その分だけ、前記微粒子堆積量を容易に補正することが可能となるので好適である。

【0034】上述した本発明の排気ガス浄化装置においては、前記排気ガス浄化触媒として次のような触媒を用いることとしても良い。すなわち、希薄空燃比の排気ガス中では窒素酸化物とともに該排気ガス中の酸素を蓄積しておき、過濃空燃比あるいは理論空燃比の排気ガス中

では、該蓄積した酸素を活性酸素として放出することにより、前記捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させる触媒を用いても良い。

【0035】かかる排気ガス浄化触媒は、白金族に属する貴金属に加えて、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類、遷移金属の少なくとも1つが担持された触媒とすることができる。

【0036】このような排気ガス浄化触媒は、排気ガス中の窒素酸化物を浄化するとともに、活性酸素を放出することにより、触媒上に捕集された含炭素浮遊微粒子を燃焼させることができる。その結果、含炭素浮遊微粒子と窒素酸化物とを同時に浄化することが可能となるので好ましい。

【0037】

【発明の実施の形態】本発明の作用・効果をより明確に説明するために、次のような順序に従って、本発明の実施例を説明する。

A. 第1実施例：

A-1. 装置構成：

A-2. エンジン制御の概要：

A-3. 触媒再生処理：

B. 第2実施例：

B-1. 装置構成：

B-2. 触媒再生処理：

B-3. 変形例：

【0038】A. 第1実施例：以下、本発明の排気ガス浄化装置を、ディーゼルエンジンに適用した実施例について説明する。もちろん、ディーゼルエンジンに限らず、燃料をシリンダ内に直接噴射する方式のガソリンエンジンなど、他の内燃機関に適用することも可能である。また、本発明は、車両や船舶搭載用あるいは定置用などのあらゆる内燃機関に適用することができる。

【0039】A-1. 装置構成：図1は、第1実施例の排気ガス浄化装置を装着したディーゼルエンジン10の概略構成を示した説明図である。ディーゼルエンジン10は、いわゆる4気筒エンジンであり、#1ないし#4の4つの燃焼室を有している。各燃焼室には吸気管12を介して空気が供給され、各燃焼室に設けられた燃料噴射弁14から燃料が噴射されると、燃焼室内で空気と燃料とが燃焼して、排気管16から排気ガスが排出される。

【0040】排気管16の途中には、過給器20が設けられている。過給器20は、排気管16内に設けられたタービン21と、吸気管12内に設けられたコンプレッサ22と、タービン21とコンプレッサ22とをつなぐシャフト23とから構成されている。燃焼室から排出された排気ガスが過給器20のタービン21を回すと、シャフト23を介してコンプレッサ22が回転し、空気を圧縮して各燃焼室内に供給する。本実施例の過給器20にはアクチュエータ70が設けられており、タービン2

1に排気ガスが流入する部分の開口面積（以下、タービン開口面積と呼ぶ）を変更することが可能となっている。排気ガス流量に応じてタービン開口面積を適切に制御することで、過給器20の効率を向上させることができる。

【0041】コンプレッサ22の上流側にはエアクリーナ26が設けられており、コンプレッサ22はエアクリーナ26から取り入れた空気を圧縮して燃焼室内に供給する。コンプレッサ22で圧縮すると空気の温度が上昇するので、コンプレッサ22の下流には空気を冷却するためのインタークーラ24が設けられており、圧縮した空気をインタークーラ24で冷却してから燃焼室内に供給することも可能である。

【0042】また、排気管16には電動スロットル弁28が設けられている。電動スロットル弁28は、通常は全開状態となっているが、排気ガス温度を上昇させたり、排気ガスの空燃比を制御する必要がある場合には、エンジン制御用ECU30の制御の下で所定開度に制御される。

【0043】排気管16と吸気管12とはEGR通路60でつながっており、排気ガスの一部を吸気管12内に導入可能となっている。吸気管12内に導入する排気ガス（EGRガス）の流量は、EGR通路60に設けられたEGR弁62の開度を調整することで制御することができる。高温のEGRガスが吸気管12に導入されて、燃焼室内に供給される空気の温度が上昇することを避けるため、EGR通路60に設けたEGRクーラ64でEGRガスを冷却してから、吸気管12内に供給することも可能となっている。

【0044】燃料供給ポンプ18および燃料噴射弁14は、エンジン制御用ECU30の制御のもとで、適切な量の燃料を適切なタイミングで燃焼室内に噴射する。

【0045】エンジン制御用ECU30は、CPUや、RAM、ROM、A/D変換器、D/A変換器、タイマなどがバスを介して相互にデータをやり取り可能に接続された構成となっている。このようなエンジン制御用ECU30は、エンジン回転速度 N_e や、アクセル開度 θ_{ac} といったエンジンの運転条件を検出し、運転条件に応じて、燃料供給ポンプ18や、燃料噴射弁14、EGR弁62、スロットル弁28、過給器20のアクチュエータ70などを適切に制御する。

【0046】本実施例のディーゼルエンジン10は、後述する排気ガス浄化触媒100が排気管16内に設けられており、排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子などを浄化することが可能である。排気ガス浄化触媒100上流側の排気管16には、圧力センサ82および排気温度センサ86が、下流側には、圧力センサ84および排気温度センサ88がそれぞれ設けられている。また、排気管16内には空燃比センサ80が設けられており、排気ガスの空燃比を検出することも可能となっている。

尚、図1では、排気ガス浄化触媒100は過給器20の下流側に設けられている場合を示しているが、必ずしも過給器の下流側に設ける必要はなく、上流側に設けても構わない。

【0047】図2は、排気ガス浄化触媒100の構造を示した説明図である。図2(a)は、排気ガス浄化触媒100を排気ガスが流入する側から見た正面図であり、図2(b)は側断面図である。図示するように、排気ガス浄化触媒100は、いわゆるハニカム構造をしたコージライト製のセラミックスフィルタであり、フィルタ上に塗布されたアルミナなどの基材に、白金系の貴金属触媒(例えば白金Pt、パラジウムPd、ロジウムRhなどを活性元素とする触媒)が担持されている。ハニカム構造の内部には、排気ガスが通過する多数の通路102が形成されており、これら通路の上流側あるいは下流側の一端には、図示するように互い違いに目止め104が設けられている。図2では、目止め104をハッチングを付して示している。

【0048】排気ガスが、図2(b)の左側から流れてくると、上流側に目止め104が設けられていない通路102から、排気ガス浄化触媒100内に流入する。しかし、その通路の下流側は目止め104で閉塞されているので、図2(b)に矢印で示すように、通路102の隔壁106を通過して、下流側に目止め104のされていない通路102に抜けて行く。コージライトは焼成時に内部に多孔質構造が形成されており、排気ガスが隔壁106内の多孔質構造を通過する際に、排気ガス中の含炭素浮遊微粒子などが捕集される。排気ガス温度がある程度の温度に達していれば、担持された貴金属触媒に働きにより、捕集された微粒子を燃焼させることができる。

【0049】A-2. エンジン制御の概要: 図3は、エンジン制御用ECU30が行うエンジン制御ルーチンの概要を示すフローチャートである。かかる制御ルーチンは、エンジンに始動用キーが挿入されて電源が「オン」状態になると開始される。

【0050】エンジンに挿入されたキーが始動位置まで回されたことを検出すると、エンジン制御用ECU30はエンジン始動制御を開始する(ステップS10)。かかる処理では、スタータモータでエンジンをクランクしつつ、適切なタイミングで燃料を噴射してエンジンを始動させる。エンジンの始動に際しては、吸気温度やエンジン水温を検出し、エンジンの始動が困難なほど温度が低い場合には、吸入空気や燃焼室をヒータで適宜加熱する。噴射した燃料が燃焼室内で燃焼すると、大きなトルクが発生してエンジン回転速度が上昇していき、エンジン制御用ECU30は、エンジン回転速度が所定の回転速度に達したことを検出してエンジン始動制御を終了する。エンジン回転速度は、本実施例では、クランクシャフトの先端に設けられたクランク角センサ32の出力から検出している。

【0051】エンジンの始動制御が終了すると、エンジン運転条件を検出する(ステップS20)。エンジンの運転条件を規定する主なパラメータは、エンジン回転速度Neおよびアクセル開度 θ_{ac} であり、その他の補助的なパラメータとして、吸入空気温度やエンジン冷却水温、燃料温度、吸気圧力などを使用しており、ステップS20ではこれらパラメータを検出する。エンジン回転速度Neはクランク角センサ32によって検出し、アクセル開度 θ_{ac} は、アクセルペダルに装着されたアクセル開度センサ34によって検出する。

【0052】エンジンの運転条件を検出すると、検出した運転条件に応じて、エンジンの制御モードを設定する処理を行う(ステップS30)。詳細には後述するが、本実施例のディーゼルエンジン10では、運転中に排気ガス浄化触媒100の目詰まりを検出すると、エンジンの制御状態を所定の手順で切り換えていくことにより、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子を燃焼させることが可能である。このような動作は、ステップS30で設定した制御モードに従って、後述する燃料噴射制御やEGR制御などの各制御を行うことで実施される。

【0053】制御モードの設定は、エンジン制御用ECU30に内蔵されているRAMの所定アドレスに、制御状態を示すデータを設定することで行う。図4は、このような制御状態を表示するアドレスのデータを概念的に示した説明図である。図4(a)に示すように、アドレスには1バイト(8ビット)分のメモリが割り当てられていて、各ビットがそれぞれの制御モードを示している。

【0054】図4(b)は各ビットと制御モードとの対応関係を示した説明図である。先頭にあるビット(最上位ビット)はフラグFnに対応するビットであり、このフラグFnが「ON」すなわち高電圧状態であることは、エンジンを通常運転制御中であることを示している。次のビットはフラグFaに対応するビットであり、このフラグFaが「ON」であることは、触媒再生制御中であることを示している。すなわち、排気ガス浄化触媒100に堆積した含炭素浮遊微粒子を燃焼させるために、所定の手順に従って制御状態を切り換えながら運転していることを示している。通常、フラグFaが「ON」になると、フラグFnは「OFF」すなわち低電圧状態に切り換えられる。

【0055】フラグFaに続く3ビットは予備のフラグ用のビットである。下位側に残った3つのビットは、触媒再生制御中の制御状態を示すフラグF1、F2、F3に対応するビットである。フラグF1が「ON」状態であることは、排気ガス浄化触媒100に堆積した含炭素浮遊微粒子を燃焼させるために、触媒温度を昇温中であることを示しており、フラグF2が「ON」状態であることは、触媒昇温後、含炭素浮遊微粒子を燃焼中であることを示している。また、フラグF3は含炭素浮遊微粒

子の燃焼中に、触媒に供給され得る酸素量を制御するためのフラグである。フラグF3の意味する内容、および各フラグを設定する処理については後述する。

【0056】こうして制御モードを設定すると、かかる制御モードに基づいて燃料噴射制御を行う（ステップS40）。燃料噴射制御は、エンジンの運転条件に応じて、適切な量の燃料を、適切なタイミングで噴射する制御であり、制御の概要は次のようなものである。先ず、エンジン回転速度 N_e とアクセル開度 θ_{ac} とに基づいて基本となる燃料噴射量および燃料噴射タイミングを算出する。次いで、この値に、吸入空気温度や、エンジン冷却水温、燃料温度などの影響を考慮した補正を行って、エンジン運転条件に応じた最適な噴射量と最適な噴射タイミングとを算出する。こうして算出した噴射量およびタイミングで燃料を噴射するよう、燃料供給ポンプ18と燃料噴射弁14とを制御する。

【0057】具体的には、基本燃料噴射量および基本燃料噴射タイミングが、エンジン回転速度 N_e およびアクセル開度 θ_{ac} に対するマップとして、エンジン制御用ECU30に内蔵されたROMに記憶されている。また、吸入空気温度やエンジン冷却水温などの各種の補正係数も、エンジン制御用ECU30内のROMにマップとして記憶されている。これらマップは、エンジンの通常運転制御用のマップと、触媒再生制御用のマップの2組が用意されている。エンジン制御用ECU30は、制御モードに応じて適切なマップを参照することにより、基本となる燃料噴射量および噴射タイミング、各種補正係数を取得する。こうして得た燃料噴射量や噴射タイミング、各種補正係数に基づいて、最適な燃料噴射量および燃料噴射タイミングを算出し、燃料供給ポンプ18および燃料噴射弁14を制御する。

【0058】燃料噴射制御を終了すると、続いてEGR制御を開始する（ステップS50）。EGRとは、Exhaust Gas Recirculation（排気ガス再循環装置）の略語であって、排気ガスの一部を吸気管内に意図的に戻してやることを言う。通常の運転条件では、排気ガスの一部を吸気に還流させれば燃焼室内での燃焼速度が低下するので、燃焼最高温度が低くなって排気ガス中の窒素酸化物の濃度を減少させることができる。反面、排気ガスの還流量が多くなると燃焼が不安定になる傾向があるので、エンジンの運転条件に応じて、排気ガスの還流量が最適となるように制御してやる必要がある。EGR制御ではこのような制御を行う。

【0059】燃料噴射制御を終了すると、続いて過給圧制御を行う（ステップS60）。図1を用いて前述したように、ディーゼルエンジン10には過給器20が設けられており、吸気管12内の圧力を大気圧よりも高くすることによって、多量の空気を燃焼室に供給することができる。このように、吸気管内の圧力を大気圧よりも高くすることを「過給する」と言い、過給前の吸気管内か

らの圧力上昇分を「過給圧」という。過給圧を上げれば、それだけ燃焼に使用し得る酸素量が増加するので、エンジンの最高出力を向上させたり、あるいは出力一定の条件においてもススなどの含炭素浮遊微粒子の排出量を減少させるといった効果が得られる。本実施例のディーゼルエンジン10では、エンジンの運転条件に応じた適切な過給圧を得ることができるように、過給器のタービン21に排気ガスが流入する部分の開口面積を制御している。

【0060】過給圧制御を終了すると、続いて微粒子堆積量推定処理を行う（ステップS70）。図2を用いて前述したように、本実施例の排気ガス浄化触媒100は、排気ガス中の含炭素浮遊微粒子を捕集するとともに、ある程度の触媒温度が保たれていれば、捕集した微粒子を、貴金属触媒の働きによって連続的に燃焼させることができる。しかし、ディーゼルエンジン10が、ごく低負荷条件で長時間運転された場合などには、触媒温度が低下して捕集した含炭素浮遊微粒子を燃焼させることができないので、触媒上に捕集した微粒子が次第に堆積してしまう。微粒子の堆積量が多くなると、触媒の機能が低下したり、あるいは排気ガス浄化触媒100の通路抵抗が増大して、延いてはエンジン性能の低下を来すおそれがある。そこで、本実施例のディーゼルエンジン10では微粒子の堆積量を推定し、堆積量が所定量を超えると後述する触媒再生処理を行う。微粒子の堆積量は種々の方法を適用して推定することができるが、第1実施例においては、排気ガス浄化触媒100の上流側に設けた圧力センサ82および下流側の圧力センサ84の出力から、触媒前後の圧力差を検出することで堆積量を推定している。

【0061】尚、触媒上に堆積した微粒子量を、圧力センサ82、84による触媒前後の差圧から推定するのではなく、次のようにしてもよい。例えば、触媒前後の圧力差で接点が閉じるような圧力スイッチを設けておき、接点の開閉を検出することにより、微粒子の堆積量が所定値以上であることを、あるいは所定値以下であることを検出しても良い。あるいは、触媒上流にのみ圧力センサを設けておき、エンジンを所定条件で運転しているときの触媒上流での圧力を検出して、含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定しても構わない。

【0062】以上のようにして微粒子堆積量推定処理を終了したら、エンジンに挿入されている始動用キーが「オフ」位置まで戻されているか否かを検出し（ステップS80）、「オフ」位置まで戻されていないければ、再びステップS20に戻って続く一連の処理を繰り返す。エンジン制御用ECU30は、始動用キーが「オフ」位置に戻されるまで、上述した処理を繰り返す。その結果、エンジンは運転条件の変化に応じて、常に最適に制御されることになる。

【0063】また、第1実施例のディーゼルエンジン1

0では、排気ガス浄化触媒100上に多量の含炭素浮遊微粒子が堆積していると推定された場合には、後述する触媒再生処理を行って、堆積している微粒子を強制的に燃焼させる。こうすることにより、排気ガス浄化触媒100の機能を維持し、排気ガス中の含炭素浮遊微粒子を適切に浄化することが可能となっている。

【0064】A-3. 触媒再生処理：前述したように、本実施例のディーゼルエンジン10は、制御モードを示すデータ（図4参照）の設定内容に従って制御されており、排気ガス浄化触媒100上での微粒子の堆積量が増大した場合にも、制御モードの設定内容に応じて触媒再生処理が行われる。そこで、先ず、制御モードを表す各ビットを設定する処理について説明する。

【0065】図6は、本実施例において制御モードを設定する処理の流れを示すフローチャートである。かかる処理は、ディーゼルエンジン10のエンジン制御用ECU30に内蔵されたCPUによって実行される。以下、図6に従って説明する。

【0066】制御モード設定処理を開始すると、先ず初めに、エンジンの運転条件が触媒再生制御可能領域か否かを判断する（ステップS100）。後述するように、触媒再生制御は排気ガス浄化触媒100の温度を所定温度以上に昇温させて実施するために、機関負荷が低く昇温が困難な条件では触媒再生制御は行わない。図7は、横軸にエンジン回転速度 N_e 、縦軸にアクセル開度 θ_{ac} を採って、触媒再生制御を行わない領域を概念的に示した説明図である。図中に破線を付した部分は、触媒の昇温が困難なために触媒再生制御を行わない運転領域（再生禁止領域） L_{inh} を示している。ステップS100では、エンジンの運転条件が再生禁止領域 L_{inh} に入っていないことを確認する。

【0067】エンジンの運転条件が再生禁止領域に入っていると判断した場合は（ステップS100：no）、通常運転制御を行うことを示すフラグF_nを「ON」にして（ステップS102）、制御モード設定処理を終了し、前述のエンジン制御ルーチンに復帰する。こうしてフラグF_nが「ON」に設定されている場合は、通常運転制御に従って、燃料噴射あるいはEGR制御、過給圧制御などの各種制御が行われる。

【0068】エンジンの運転条件が再生可能領域であると判断した場合は（ステップS100：yes）、排気ガス浄化触媒100に堆積している微粒子の推定量が、予め定められた第1の閾値 t_{h1} より大きいかなんかを判断する（ステップS104）。微粒子の推定量は、エンジン制御ルーチン中の微粒子堆積量推定処理（図3のステップS70）において、直近に推定された値を使用する。触媒上に第1の閾値 t_{h1} 以上の微粒子が堆積していると判断した場合は（ステップS104：yes）、触媒再生制御を行うことを示すフラグF_aを「ON」にセットする。

【0069】続いて触媒再生制御中であることを示すフラグF_aが「ON」になっているか否かを判断し（ステップS108）、フラグF_aが「ON」の場合は、フラグF_nを「OFF」に設定する（ステップS110）。後述する理由から、フラグF_nとフラグF_aとがいずれも「ON」になっている場合には、フラグF_nの設定が優先される。そこで、触媒再生制御を行うべくフラグF_aを「ON」に設定した場合はフラグF_nを「OFF」に設定しておくのである。

【0070】また、詳細には後述するが、触媒の再生が完了して微粒子の堆積量が十分に少なくなったと判断されると、フラグF_aが「OFF」に設定される。このことから、ステップS108においてフラグF_aが「OFF」となっている場合は（ステップS108：no）、先に触媒再生処理が完了してから、微粒子の堆積量が未だ所定の閾値に達していないものと考えられるので、通常運転制御を行うことを示すフラグF_nを「ON」にして（ステップS102）、制御モード設定処理を終了する。

【0071】こうして、フラグF_aが「ON」の状態ではフラグF_nが「OFF」に設定されると、続いて、触媒温度が閾値温度以上であるか否かを判断する（ステップS112）。すなわち、排気ガス浄化触媒100に堆積した含炭素浮遊微粒子を燃焼させるには、ある程度以上の触媒温度となっていることが必要であり、更に触媒温度が高いほど堆積した微粒子を速やかに燃焼させることができるので、先ず、排気ガス浄化触媒100の温度が所定の閾値温度であるか否かを判断する。本実施例においては、排気ガス浄化触媒100の後流に設けられた温度センサ88で検出した排気ガス温度から触媒温度を推定している。もちろん、触媒に温度センサを装着したり、あるいは黒体輻射に基づいた光学的な手法を用いて触媒温度を直接計測したり、更には、金属板を用いて形成されたハニカム構造を有するいわゆるメタル触媒では、ハニカムの電気抵抗値から触媒温度を計測することも可能である。

【0072】触媒温度が所定の閾値温度以下と判断された場合は（ステップS112：no）、排気ガス浄化触媒100を昇温させる制御を行うことを示すフラグF₁を「ON」とした後、制御モード設定処理を終了する。フラグF₁が「ON」に設定されていると、エンジン制御ルーチン中の燃焼噴射制御、EGR制御、過給圧制御の各制御で、対応するマップを読み出して制御が行われる結果、排気ガス浄化触媒100の温度が次第に上昇していく。

【0073】排気ガス浄化触媒100の温度を昇温させる手法としては種々の手法が知られており、いずれの手法を適用することも可能であるが、本実施例では、EGRガス量を通常運転状態よりも増量させることで排気ガス温度を上昇させ、これによって触媒温度を上昇させ

る。通常、ディーゼルエンジンでは、EGRガスを増量すると、それに伴って排気ガス温度が上昇する。これは次の理由による。燃焼室内に供給した燃料を空気とともに燃焼させると、燃焼熱の一部はエンジンを動かすための機械仕事に変換され、残りの燃焼熱は冷却水や排気ガスの温度を上昇させるために使用される。ここで、吸気高温の排気ガスを還流させれば、燃焼室に供給される吸気温度が上昇するので、その分だけ排気ガスの温度も高くなる。高温になった排気ガスを吸気に還流させれば、排気ガス温度は更に上昇する。すなわち、EGRを行って排気ガスの一部を吸気に還流させることにより、EGRを行わなければ排気ガスとともに捨てられる燃焼熱の一部が、排気から吸気に戻って再び排気されるループの中に次第に蓄積されていき、その結果、排気ガス温度が上昇する。このような理由からEGRガスを増量すると、その分だけ排気ガスの温度が上昇するのである。

【0074】尚、本実施例ではEGRガスを増量することで排気ガス温度を上昇させたが、これに限らず、他の手法を用いても構わない。例えば、電動スロットル弁28を閉じ気味として、燃焼室内に吸入される空気量を減少させることで排気ガス温度を上昇させてもよく、あるいは燃料の噴射時期を遅らせたり、更にはピストンが下降している膨張行程通に追加の燃料を噴射することによって排気ガス温度を上昇させてもよい。もちろん、これら各種手法を適宜組み合わせ、より迅速に触媒温度を上昇させることも可能である。

【0075】こうして触媒昇温制御を行って、触媒温度が所定の閾値温度に達したと判断されたら（ステップS112: yes）、触媒昇温制御中であることを示すフラグF1を「OFF」に戻した後、フラグF2を「ON」に設定する（ステップS116）。前述したように、フラグF2は、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子を燃焼させる制御（以下では、堆積微粒子燃焼制御と言う）を実行することを示すフラグである。また、フラグF1とフラグF2とがいずれも「ON」に設定されている場合は、フラグF1の設定が優先される。このことから、触媒温度が閾値温度に達したら、一旦、フラグF1を「OFF」に戻した後、堆積微粒子燃焼制御を行うべくフラグF2を「ON」に設定するのである。

【0076】こうしてフラグF2を「ON」に設定したら、続いてフラグF3を設定する（ステップS118）。フラグF3は堆積微粒子燃焼制御中に、触媒に供給される酸素量を制限して制御を行うためのフラグであり、フラグF3が「OFF」の場合は、触媒が酸素欠乏状態となるように、また、フラグF3が「ON」の場合は触媒に過剰な酸素が供給されるように制御される。本実施例では、フラグF3の初期状態は「OFF」に設定されており、タイマによって定期的に所定期間だけ「ON」に設定される。こうして、排気ガス浄化触媒100

を所定温度以上に昇温させた後、フラグF3の設定内容に応じて触媒への酸素供給状態を制御可能に制限することで、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子を適切に燃焼させることが可能となる。堆積した微粒子を燃焼させる制御（堆積微粒子燃焼制御）については、具体例を挙げ後述する。

【0077】次いで、排気ガス浄化触媒100上に堆積した含炭素浮遊微粒子の燃焼が完了したか否かを判断する（ステップS120）。かかる判断は、排気ガス浄化触媒100前後に設けた温度センサ86、88の温度差に基づいて判断する。すなわち、触媒上で含炭素浮遊微粒子が燃焼している間は、燃焼熱によって排気ガス温度が上昇するので、触媒上流での排気ガス温度よりも触媒下流での排気ガス温度が高くなる。このことから、触媒前後での温度差が所定温度以下となったことを検出して、堆積した浮遊微粒子の燃焼が完了したと判断するのである。

【0078】尚、本実施例では、堆積した浮遊微粒子の燃焼完了を排気ガス浄化触媒100前後での排気ガス温度差に基づいて判断したが、もちろん他の方法を用いて判断しても良い。例えば、触媒前後での圧力差を検出して、圧力差が第2の閾値 t_h2 より小さくなったときに堆積した浮遊微粒子の燃焼が完了したと判断しても構わない。

【0079】ステップS120において、堆積した浮遊微粒子の燃焼が完了していないと判断した場合は（no）、そのまま制御モード設定処理を終了して、図3に示すエンジン制御ルーチンに復帰する。浮遊微粒子の燃焼が完了したと判断した場合は（ステップS120: yes）、通常運転制御に復帰すべくフラグFnを「ON」に、また、触媒再生制御に関する各種フラグFa、F1、F2、F3を「OFF」に設定して（ステップS122）、制御モード設定処理を終了する。

【0080】図3に示したエンジン制御ルーチンでは、以上のようにして設定された制御モードに基づいて、続く燃料噴射制御、EGR制御、過給圧制御などの各種制御が行われる結果、排気ガス浄化触媒100上に堆積した含炭素浮遊微粒子を、エンジン運転中に適切に燃焼させ、触媒再生処理を実施することができる。

【0081】図8は、制御モード設定処理で設定された各フラグの状態と、エンジンの制御状態との対応関係をまとめて示した説明図である。図示するように、フラグFnが「ON」に設定されている場合は、他のフラグの設定状態に関わらず、エンジンは通常運転状態に制御される。尚、図中に「-」で示しているのは、「ON」、「OFF」いずれの状態でも構わないことを示している。

【0082】フラグFaが「ON」の場合は、エンジン制御が触媒再生制御中であることを示している。これは、触媒上に第1の閾値以上の含炭素浮遊微粒子が触媒

上に堆積していると判断された状態に対応する。フラグF_aもフラグF_nもいずれも「ON」の場合は、エンジン運転条件が再生禁止領域L_{inh}に入ったため、図6のステップS100で「no」と判断されて、触媒再生制御を中断している状態を示している。このように、フラグF_nとフラグF_aとがいずれも「ON」となった場合は、フラグF_nの設定が優先されるので、触媒再生制御中にエンジン運転条件が再生禁止領域L_{inh}に入ると、エンジンの制御状態が直ちに通常運転状態に切り換わり、また、再生禁止領域L_{inh}から外れると直ちに触媒再生制御を再開することが可能となっている。

【0083】フラグF_nが「OFF」、フラグF_aおよびフラグF₁がいずれも「ON」に設定されている場合は、エンジン制御が触媒昇温制御中であることを示している。また、フラグF_nおよびフラグF₁が「OFF」で、かつフラグF_aおよびフラグF₂がいずれも「ON」である場合は、触媒再生制御中に触媒温度が所定温度に昇温し、堆積微粒子燃焼制御を行っていることを示している。フラグF₃の設定状態は、堆積微粒子燃焼制御中に初めて意味を持ち、フラグF₃が「OFF」は、触媒に供給される排気ガス空燃比が理論空燃比となるようにエンジンが制御されることを、フラグF₃が「ON」は、排気ガス空燃比がリーンとなるようにエンジンが制御されることを示している。

【0084】尚、排気ガスの空燃比とは、排気ガス中に含まれる未燃の燃料HCおよび一酸化炭素COと酸素とのバランスを示す指標である。排気ガス中に含まれるHCおよびCOと酸素とを反応させたときに、酸素が余るようなガス組成となっているとき、「排気ガス空燃比がリーンになっている」という。逆に、酸素が不足、HCあるいはCOが余るようなガス組成となっている場合は、「排気ガス組成がリッチになっている」という。また、HCおよびCOをちょうど燃焼させるだけの酸素が含まれているようなガス組成となっているとき、「排気ガス空燃比が理論空燃比にある」という。理論空燃比はストイキオと呼ばれることもある。排気ガス空燃比は、厳密には燃料の性状にも依存するが、排気ガスの組成がストイキオの場合に「14.6～14.9」付近の値をとる。また、排気ガスの組成がリーンになっていくに従って排気ガス空燃比の値は大きくなり、排気ガスの組成がリッチになっていくに従って排気ガス空燃比の値は小さくなる。

【0085】図9は、本実施例のディーゼルエンジン10が、排気ガス浄化触媒100の触媒再生制御、特に触媒昇温制御から堆積微粒子燃焼制御を行っている様子を示す説明図である。図中の縦軸には、フラグF₁、F₂、F₃の設定状態と、排気ガス浄化触媒100に流入する排気ガスの空燃比と、排気ガス浄化触媒100前後での排気ガス温度とが示されている。

【0086】図9に示されているように、フラグF₁が

「ON」に設定されて触媒昇温制御が行われると、排気ガス浄化触媒100に流れ込む排気ガス温度（図中では破線で表示）が次第に上昇し、それに伴って触媒から流出する排気ガス温度（図中では実線で表示）も上昇していく。次いで時刻t₁になると、触媒下流側の排気ガス温度が閾値温度T_{th}に達し、触媒昇温制御を示すフラグF₁が「ON」から「OFF」に切り換わるとともに、フラグF₂が「OFF」から「ON」に切り換わり、堆積微粒子燃焼制御が開始される。本実施例では、閾値温度T_{th}の値は、400℃から500℃の範囲に設定されている。もちろん、閾値温度T_{th}はこの範囲に限定されるものではない。例えば、より高い温度に設定すれば、触媒上での燃焼が促進されて、堆積した含炭素粒子をより速やかに燃焼させることができる。また、より低い温度に設定すれば、触媒昇温制御に要する時間が短縮され、より速やかに堆積微粒子燃焼制御を開始することが可能となる。尚、閾値温度の設定は、担持される触媒の酸化活性に応じて、適切な値に設定されることは言うまでもない。

【0087】こうして堆積微粒子燃焼制御が開始されると、フラグF₃の設定に従って、排気ガス空燃比がストイキオとなるように制御される。前述したように、フラグF₃は初期状態ではストイキオを意味する「OFF」に設定されている。本実施例では、EGRガスを触媒昇温制御時よりも更に増量するとともに、燃料噴射量を増量することによって、排気ガス空燃比をストイキオに制御する。燃料噴射量を増量することによる機関出力の変動が出ないように、噴射時期も併せて変更する。もちろん、EGRガス量あるいは燃料噴射量のいずれか一方のみを増量して、排気ガス空燃比をストイキオとしても構わない。こうしてエンジンが制御される結果、排気ガス浄化触媒100に流入する排気ガス空燃比が、触媒昇温制御中のリーンの状態からストイキオの状態に速やかに切り換わる。

【0088】触媒昇温制御中は、排気ガス浄化触媒100に流入する排気ガス温度に対して触媒出口側の温度が若干高温となっているが、排気ガス空燃比がストイキオに切り換わると、触媒の入口側の排気ガス温度と出口側の排気ガス温度との差は小さくなる。これは、触媒昇温制御中は排気ガス空燃比がリーン、すなわち排気ガス中に過剰の酸素が存在しているので、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子が一部燃焼するが、堆積微粒子燃焼制御が開始されて排気ガス空燃比がストイキオに切り換わると、酸素が足らなくなって触媒上に堆積した微粒子の燃焼が抑制されるためである。

【0089】堆積微粒子燃焼制御の開始を示すフラグF₂が「ON」になると同時に、エンジン制御用ECU30に内蔵のタイマがセットされ、時間t_s経過後と、更に時間t_L経過後との2回、周期的に割り込みを発生させる。タイマからの割り込みを受け付けると、その度に

エンジン制御用 ECU 30 の CPU は、フラグ F 3 の設定を「OFF」から「ON」に、あるいは「ON」から「OFF」に交互に切り換える。前述した図 6 のステップ S 118 では、このようにフラグ F 3 の設定を周期的に切り換える処理を行っている。図 9 に示した例では、時刻 t_2 で、フラグ F 3 が「OFF」から「ON」に初めて切り換わり、時間 t_L だけ「ON」の状態を保った後、再び「OFF」の状態に復帰する。以降、フラグ F 3 は、このように時間 t_s および時間 t_L の周期で、「OFF」と「ON」とを繰り返す。本実施例では、時間 t_s は 15 秒、時間 t_L は 3 秒としたが、もちろん、これら時間は実験的に求めた適切な値を設定すればよい。

【0090】このようなフラグ F 3 の動きに応じて、排気ガス浄化触媒 100 に流入する排気ガス空燃比も、ストイキオとリーンとの間で周期的に切り換わる。このように排気ガス浄化触媒 100 の温度が高い状態で排気ガス空燃比をリーンにすると、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子と排気ガス中の過剰な酸素とが、貴金属触媒の作用で燃焼して触媒温度を急激に上昇させる。このことに対応して、触媒出口での排気ガス温度が急激に上昇する。しかし、時間 t_L 経過すると、排気ガス空燃比は再びストイキオに戻され、触媒への過剰酸素の供給が途絶えるので、堆積している含炭素浮遊微粒子の燃焼を持続することができなくなる。このことに対応して、触媒出口での排気ガス温度は、入口での排気ガス温度まで次第に低下する。その後、時刻 t_3 で、排気ガス空燃比が再びリーンとなると、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子の燃焼が開始され、時間 t_L 経過後に排気ガス空燃比がストイキオに切り換わると、酸素が不足して速やかに燃焼が終了する。

【0091】このように、堆積微粒子燃焼制御中は、フラグ F 3 の設定に応じて排気ガス空燃比がストイキオとリーンとを周期的に繰り返しながら、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子を少しずつ燃焼させる。こうして含炭素浮遊微粒子が燃焼して、微粒子の堆積量が少なくなっていくと、それに連れて、触媒前での排気ガス温度と触媒後での排気ガス温度との温度差が次第に小さくなっていく。あるいは、触媒前後での排気ガス圧力差が次第に小さくなっていく。温度差あるいは圧力差が所定の閾値以下となったら、触媒に堆積していた全ての含炭素浮遊微粒子が燃焼したものと判断し、触媒再生制御に関する各種フラグ F_a , F_1 , F_2 , F_3 を「OFF」にするとともに、通常運転制御を表すフラグ F_n を「ON」に設定する。こうして、触媒再生制御を終了し、通常運転制御に復帰する。

【0092】以上に説明したように、本実施例のディーゼルエンジン 10 では、排気ガス浄化触媒 100 に所定量以上の含炭素浮遊微粒子が堆積していると判断すると、触媒に流入する排気ガス空燃比がストイキオとなる

ように制御しておき、短時間だけ排気ガス空燃比がリーンとなるように制御する。こうすれば、排気ガス空燃比がリーンとなり過剰酸素が供給されている期間だけ、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子を燃焼させることができる。従って、例えば、触媒上に多量の含炭素浮遊微粒子が堆積している場合でも、微粒子が一気に燃焼して触媒温度が異常に上昇し触媒を劣化させることがない。

【0093】以上に説明した触媒再生制御においては、フラグ F 3 が「OFF」の間は排気ガス空燃比がストイキオとなるように制御するものとして説明した。もちろん、ストイキオではなく、わずかにリッチとなるように制御してもよい。フラグ F 3 が「OFF」の期間は、排気ガス空燃比がわずかにリッチとなるように制御しておけば、何らかの理由で制御空燃比がリーン側に多少ずれたとしても、触媒上での堆積浮遊微粒子の燃焼を確実に終了させることが可能となる。これに対して、ストイキオに制御する場合には、空燃比をストイキオとするために増量する燃料噴射量を最小限にすることができるので好ましい。

【0094】尚、以上の説明においては、時間の経過とともにフラグ F 3 が「ON」と「OFF」とを繰り返したが、これに限らず、エンジンのサイクル数をカウントしてフラグ F 3 を切り換えることとしても構わない。例えば、フラグ F 3 が「OFF」の状態です定の M 回だけサイクルを行うと、続くサイクル N 回はフラグ F 3 が「ON」となり、再びフラグ F 3 が「OFF」に戻ってサイクルを M 回行うこととしてもよい。

【0095】また、以上の説明では、フラグ F 3 が「OFF」のときにはエンジンをストイキオあるいはリッチ空燃比で運転しておき、フラグ F 3 が「ON」になったときは、エンジンの運転空燃比をリーンに変更するものとして説明した。これに対して、エアポンプを設けておき、フラグ F 3 が「ON」になった期間だけ、排気ガス浄化触媒 100 上流の排気管 16 からエアポンプで触媒に空気を供給することとしてもよい。つまり、フラグ F 2 が「ON」となり堆積触媒燃焼制御が開始されたら、エンジンをストイキオあるいはリッチ空燃比で運転しておき、フラグ F 3 が「ON」になった期間だけエアポンプで空気を供給する。こうすれば、フラグ F 3 の変更にとともにエンジンの運転空燃比を変更する必要がないので、制御空燃比による出力の変動が発生するおそれ無く、更にエンジンの制御も簡便なものとするので好ましい。

【0096】また、以上の説明においては、触媒再生制御中は、排気ガス空燃比を間欠的に短時間だけリーンとして、排気ガス浄化触媒 100 に少しずつ酸素を供給することによって、堆積している含炭素微粒子を少しずつ燃焼させた。これに対して、排気ガス空燃比を変動させるのではなく、わずかにリーンの空燃比に保持することとしてもよい。すなわち、触媒温度が昇温して堆積微粒

10

20

30

40

50

子燃焼制御が開始されたら、排気ガス空燃比をわずかにリーンとなるように制御する。こうすれば、排気ガス浄化触媒に連続的に酸素が供給されるものの、時間あたりの供給量はわずかであり、触媒上に堆積した含炭素浮遊微粒子が急激に燃焼することがない。従って、触媒温度を異常に上昇させることなく、堆積した微粒子を確実に燃焼させることができる。また、このようにすれば、堆積微粒子燃焼制御中にエンジンの運転空燃比を変動させることがないので、空燃比の変更に伴って機関出力が変動することがないので好ましい。これに対して、周期的に排気ガス空燃比をリーンとする前述の手法では、リーンとなって触媒に酸素が供給される時間は短時間であることから、例え、リーンの空燃比が想定している空燃比（例えば空燃比20前後）から多少ずれたとしても、触媒温度が大幅に昇温することがないので好ましい。

【0097】B、第2実施例：以上に説明した第1実施例においては、排気ガス浄化触媒前後での排気圧力差に基づいて、含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定した。これに対して、ディーゼルエンジン10の運転履歴から含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定することとしてもよい。以下、このような第2実施例の排気ガス浄化装置について説明する。

【0098】B-1、装置構成：第2実施例の排気ガス浄化装置では、以下に説明するように、排気ガス空燃比を周期的に変化させることによって、排気ガス中の含炭素浮遊微粒子に加えて窒素酸化物（以下では、 NO_x という）も同時に浄化することが可能な排気ガス浄化触媒を使用している。もちろん、第1実施例で用いたような、 NO_x は浄化しない触媒を用いても構わない。

【0099】第2実施例で用いる排気ガス浄化触媒200は、第1実施例の触媒に対して、更に NO_x 蓄積剤が担持されている点が異なっている。 NO_x 蓄積剤としてはカリウムKなどのアルカリ金属類や、バリウムBaなどのアルカリ土類金属などを用いることができる。このような第2実施例の排気ガス浄化触媒200は、排気ガス空燃比がリーンの場合に、排気ガス中の NO_x を取り込み、空燃比がストイキオあるいはリッチになると、取り込んだ NO_x を窒素に還元して放出する。また、この過程で発生する活性酸素を用いて含炭素浮遊微粒子を燃焼させることにより、排気ガス中の NO_x と含炭素浮遊微粒子とを浄化することができる。以下、図10を参照することにより詳しく説明する。

【0100】図10は、第2実施例の排気ガス浄化触媒200の表面を拡大して示した概念図である。第2実施例の排気ガス浄化触媒200の表面には、カリウムKやバリウムBaなどの NO_x 蓄積剤203と、白金PtやパラジウムPdなどの白金系貴金属触媒204が担持されている。貴金属触媒204は粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子状で NO_x 蓄積剤203の上に均一に分布した状態で担持されている。

【0101】図10(a)は排気ガス空燃比がリーンの場合を示している。排気ガス中には、燃焼によって生じる NO_x が含まれている。 NO_x はほとんどが一酸化窒素 NO の状態に含まれているので、図10(a)では NO_x を一酸化窒素 NO として表示している。一酸化窒素 NO は極性分子であることから、排気ガス中の NO は速やかに白金Ptなどの貴金属触媒上に吸着する。白金系の貴金属触媒は強い酸化活性を有しているため、一酸化窒素 NO は二酸化窒素 NO_2 を経て硝酸イオン NO_3^- に酸化される。こうして貴金属触媒上に発生した硝酸イオン NO_3^- は、いわゆる「スピルオーバー」と呼ばれる現象によって、 NO_x 蓄積剤203まで移動する。「スピルオーバー現象」とは、金属触媒上で吸着分子が活発に動き回る現象である。触媒上では、Ptなどの貴金属微粒子はできるだけ均一に分散させているとはいえ、分子レベルで言えば局在していることに変わりはないが、スピルオーバー現象によって吸着分子が表面を活発に移動し得るために、表面全体が触媒として機能しているものと考えられている。このように、排ガス中に酸素が過剰に存在している条件では、一酸化窒素 NO が貴金属触媒上で酸化され、スピルオーバー現象によって NO_x 蓄積剤203まで運ばれて、硝酸塩の形で蓄えられる。尚、貴金属触媒上に吸着した一酸化窒素 NO の全てが必ずしも硝酸イオン NO_3^- まで酸化されるとは限らず、一部は亜硝酸イオン NO_2^- の状態でも NO_x 蓄積剤203に蓄えられることもあり得ると考えられる。

【0102】こうして、排気ガス中の一酸化窒素 NO が硝酸塩として取り込まれるときに、 NO_x 蓄積剤203から活性酸素が発生する。活性酸素はたいへんに反応性が強いので、排気ガス浄化触媒200上に捕捉されている含炭素浮遊微粒子を酸化して二酸化炭素と水に変換することができる。

【0103】一酸化窒素 NO が硝酸塩の形で取り込まれる際に、 NO_x 蓄積剤203から活性酸素が放出されるメカニズムは、次のようなものであると考えられる。 NO_x 蓄積剤203は排気ガスによって高温に加熱されるため、通常は二酸化炭素と結合して炭酸塩の状態になっていると考えられる。一酸化窒素 NO が NO_x 蓄積剤203に蓄積される際には、炭酸イオン CO_3^{2-} が硝酸イオン NO_3^- に置き換わって、追い出された炭酸イオン CO_3^{2-} が二酸化炭素と活性酸素とに分解され、この結果、活性酸素が放出されるものと考えられる。

【0104】図10(b)は、排気ガス空燃比がリッチあるいはストイキオの場合を示している。排気ガス空燃比がストイキオあるいはリッチの場合には、排気ガス中には炭化水素系化合物や一酸化炭素 CO などの還元物質が含まれている。ススなどの含炭素浮遊微粒子も還元物質として作用する。図10(b)では、炭化水素系化合物をHCと表示し、ススなどの含炭素浮遊微粒子は炭素を表すCで模式的に表示している。前述したように白金

系の貴金属触媒は強い酸化活性を有しているので、排気ガス中に酸素が存在すれば、これら還元物質を酸化して、二酸化炭素 CO_2 や水に変換することができる。

【0105】ところが、排気ガス中に還元物質に見合うだけの酸素が存在していない場合には、図10(b)に示すように、貴金属触媒204は NO_x 蓄積剤203に蓄えておいた硝酸イオン NO_3^- を分解し、発生した活性酸素を用いて還元物質を酸化する。図10(b)を参照しながら、かかる現象について説明する。 NO_x 蓄積剤203に蓄えられていた硝酸イオン NO_3^- は、スピルオーバー現象によって貴金属触媒204上に移動する。貴金属触媒204上では、硝酸イオン NO_3^- の電子雲が貴金属触媒側に吸い寄せられて偏在する結果、硝酸イオン NO_3^- の窒素原子と酸素原子との間の化学結合が切れ易い状態になっている。図10(b)において、硝酸イオンを「 $\text{N}+3\cdot\text{O}$ 」と表示しているのは、窒素原子と酸素原子との間の結合が切れ易くなっている様子を模式的に表示したものである。このような状態に還元物質が作用すると、窒素原子と酸素原子との結合が切断されて活性酸素が発生する。活性酸素は極めて反応性に富んだ物質であり、排気ガス中の炭化水素系化合物、一酸化炭素に加えて、含炭素浮遊微粒子とも速やかに反応して、これらを二酸化炭素 CO_2 や水などに変換する。また、硝酸イオン NO_3^- を放出した NO_x 蓄積剤203は、排気ガスによる高温に晒される結果、排気ガス中の二酸化炭素と結合して炭酸塩の状態に復帰する。

【0106】このように、第2実施例の排気ガス浄化触媒200は、排気ガス空燃比がリーンの条件では酸素と NO_x とを硝酸塩として取り込み、排気ガス空燃比がストイキオあるいはリッチの条件では硝酸塩を窒素に分解する。また、こうして NO_x を浄化する際に発生する活性酸素を利用して、含炭素浮遊微粒子も浄化することが可能である。

【0107】第2実施例のディーゼルエンジン10では、前述した触媒再生制御中ではない通常運転制御中においても、排気ガス浄化触媒200に流入する排気ガスの空燃比が、定期的にあるいは所定のタイミングで所定時間だけストイキオ（あるいはリッチ）となるように、エンジンを制御することによって、排気ガス中に含まれる含炭素浮遊微粒子および NO_x を浄化している。

【0108】排気ガス空燃比をストイキオあるいはリッチにする方法としては種々の方法を適用することができるが、前述した第1実施例の触媒再生制御中に、排気ガス空燃比をストイキオあるいはリッチとするために用いた手法と同じ方法を用いている。すなわち、EGRガスを多量に還流させるとともに、燃料噴射量を増量することによって、排気ガス空燃比をストイキオに制御する。

【0109】第2実施例の排気ガス浄化装置においても、前述の第1実施例と同様に、触媒再生制御中に排気ガス空燃比を切り換えていることから、同様の方法を用

いて通常運転中の排気ガス空燃比を切り換えれば、全体の構成を複雑化させることなく、排気ガス中の NO_x と含炭素浮遊微粒子とを浄化することが可能となるので好ましい。

【0110】B-2. 微粒子堆積量推定処理：第2実施例の排気ガス浄化装置においては、エンジン制御ルーチン中で、排気ガス浄化触媒200上に堆積した含炭素浮遊微粒子の堆積量を、エンジンの運転条件に基づいて推定する（図3のステップS70）。こうすることにより、触媒再生制御を適切に開始することが可能となる。以下、第2実施例のエンジン制御ルーチン中で行っている微粒子堆積量推定処理について説明する。

【0111】図11は、第2実施例のエンジン制御ルーチンで行われる微粒子堆積量推定処理の流れを示すフローチャートである。かかる処理は、エンジン制御用ECU30に内蔵されたCPUによって実行される。

【0112】微粒子堆積量推定処理では、まず初めに、エンジンの運転条件に基づいて、単位時間あたりにディーゼルエンジン10から排出される含炭素浮遊微粒子量（排出微粒子量 P_{eout} ）を取得する（ステップS200）。通常、エンジンの運転条件を決めてやれば、その条件で排出される含炭素浮遊微粒子量も自ずから定まるので、この値を実験的に求めることが可能である。そこで、種々の運転条件で、単位時間あたりの含炭素微粒子量の排出量を実験的に求めて予め記憶しておき、ステップS200の処理では、エンジン制御ルーチン中のステップS20において検出したエンジン運転条件に相当する微粒子排出量を読み出すのである。エンジン制御用ECU30に内蔵されているROMには、各運転条件で排出される含炭素浮遊微粒子量が、エンジン回転速度 N_e およびアクセル開度 θ_{ac} に対するマップとして予め記憶されている。

【0113】次いで、定常運転時に、排気ガス浄化触媒200上で単位時間あたりに酸化される含炭素浮遊微粒子量を取得する（ステップS202）。すなわち、運転条件（ここでは、エンジン回転速度 N_e およびアクセル開度 θ_{ac} の組合せ）を一つ定めてやれば、その条件でリーンとストイキオとを繰り返しながらディーゼルエンジンを運転したときの排気ガスのガス組成、排気ガス浄化触媒200の触媒温度などの各種条件が定まるので、排気ガス浄化触媒200上で燃焼可能な単位時間あたりの含炭素浮遊微粒子量（微粒子酸化量 P_{burn} ）を実験的に求めることができる。エンジン制御用ECU30に内蔵されたROMには、各運転条件毎に求められた微粒子酸化量 P_{burn} がマップの形で予め記憶されており、ステップS202では、かかるマップを参照することによって微粒子酸化量 P_{burn} を取得する。

【0114】こうして、単位時間あたりにエンジンから排出される排出微粒子量 P_{eout} と、単位時間あたりに触媒上で燃焼する微粒子量（微粒子酸化量 P_{burn} ）とが分

10

20

30

40

50

かれは、両者の差から、触媒上に堆積した微粒子が次第に増加するのか、あるいは減少するのかを推測することができる。しかし、このような推定値が妥当な値となるのは、ディーゼルエンジン10を定常状態で長時間運転する場合であって、実際には、長時間定常状態で運転されることは少ないため、推定値は実際の微粒子の増減値とは異なった値となる。特に、実際の運転条件では長時間定常運転を続けた場合と異なり、触媒温度が大きく変動するので、単位時間あたりに燃焼する微粒子量が大きく異なった値となり、この分だけ推定値は実際の増減量とは異なってくる。

【0115】そこで、このような影響を補正すべく、先ず、排気ガス浄化触媒200の実触媒温度 T_{catR} を検出する(ステップS204)。実触媒温度 T_{catR} は、排気ガス浄化触媒200の下流側に設けた温度センサ88で検出した排気ガス温度から推定することができる。次いで、検出した運転条件で長時間エンジンを定常運転したときの触媒温度、すなわち微粒子酸化量 P_{burn} を実験的*

$$\text{微粒子増減量 } dP = \text{排出微粒子量 } P_{eout} - \text{補正酸化量 } P_{cbrn} \quad (1)$$

【0118】次いで、得られた微粒子増減量 dP を累積することにより、触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子の堆積量(微粒子堆積量 P_{acc})を算出する(ステップS214)。すなわち、先の微粒子堆積量推定処理で得られた微粒子堆積量 P_{acc} に、今回得られた微粒子増減量 dP を加算して、新たな微粒子堆積量 P_{acc} とする。以上のようにして微粒子堆積量の推定値が得られたら、図11の微粒子堆積量推定処理を終了して、図3に示すエンジン制御ルーチンに復帰する。

【0119】第2実施例のエンジン制御ルーチンにおける制御モード設定処理では、以上のようにして推定した微粒子堆積量に基づいて、制御モード(図4参照)を設定し、かかる制御モードに応じてエンジンの制御を行う。また、触媒再生制御を行って、触媒上に堆積した微粒子の燃焼が完了したと判断した場合には(図6のステップS120参照)、制御モードを示す各フラグを初期化するとともに、微粒子堆積量の推定値 P_{acc} の値も「0」に初期化する。

【0120】こうして、排気ガス浄化触媒200上に堆積した含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定すれば、触媒再生制御を適切に開始することが可能となる。また、触媒再生制御を行って、触媒上に堆積した微粒子の燃焼が完了したと判断された場合には微粒子堆積量を初期化すれば、推定に伴う誤差もそのたびにリセットされることになる。その結果、誤差が蓄積することなく、微粒子堆積量を正確に推定することが可能となる。

【0121】B-3. 変形例: 以上に説明したように、第2実施例においては、排気ガス浄化触媒200上に堆積した含炭素浮遊微粒子の堆積量を推定し、かかる推定値に基づいて触媒再生処理を開始した。これに加えて、※

$$\text{微粒子増減量 } dP = (\text{排出微粒子量 } P_{eout} - \text{補正酸化量 } P_{cbrn})$$

*に求めた条件での定常触媒温度 T_{catC} を取得する(ステップS206)。定常触媒温度 T_{catC} も、エンジン制御用ECU30に内蔵されたROMに、エンジン運転条件に対するマップとして予め記憶されており、かかるマップを参照することにより取得する。

【0116】次いで、ステップS204で検出した実触媒温度 T_{catR} と、ステップS206で取得した定常触媒温度 T_{catC} との温度差を算出して、得られた温度差に対応する温度補正係数 K_{tmp} を取得する(ステップS208)。図12に示すように、温度補正係数 K_{tmp} は温度差の値に対するマップとして予め記憶されている。

【0117】こうして得られた温度補正係数 K_{tmp} と、ステップS202で求めた微粒子酸化量 P_{burn} とを乗算することにより、触媒温度による影響を補正した含炭素浮遊微粒子の酸化量(補正酸化量 P_{cbrn})を算出する(ステップS210)。次いで、次式(1)により、排気ガス浄化触媒200上に堆積している含炭素浮遊微粒子の増減量 dP を算出する(ステップS212)。

20※触媒再生処理中のデータを利用して、微粒子堆積量の推定精度を向上させることも可能である。以下では、このような第2実施例の変形例について説明する。

【0122】本実施例の排気ガス浄化装置においては、触媒再生制御を開始すると、少しずつ酸素を供給しながら、堆積した含炭素浮遊微粒子を燃焼させる。堆積微粒子をこのようにして燃焼させる場合、堆積している微粒子の量が多くなるほど触媒を再生するために多量の酸素を供給しなければならないと考えられる。換言すれば、実際に触媒上に堆積している含炭素浮遊微粒子の堆積量が微粒子堆積量の推定値にほぼ等しければ、ほぼ予想通りの酸素量を供給した時点で触媒の再生が完了するはずであり、逆に、実際の微粒子堆積量が推定した微粒子堆積量よりも多ければ、触媒の再生を完了するために要する酸素は、予想される酸素量よりも多くなると考えられる。このような原理に基づいて、微粒子堆積量の推定精度を向上させることができる。

【0123】以下、具体例を挙げて説明する。先ず、触媒再生制御の開始後、堆積微粒子燃焼制御中に、排気ガス浄化触媒200に供給した酸素量を算出する。供給した酸素量は、排気ガス空燃比をリーンとした回数、あるいはリーンとした累積時間で代表させることができる。次いで、触媒の再生を開始すべき微粒子量を燃焼させるために供給しなければならない基準の酸素量を求めておき、実際に供給した酸素量の基準の酸素量に対する比率あるいは偏差を算出する。

【0124】こうして得られた比率あるいは偏差から、次式(2)によって、単位時間あたりの微粒子増減量 dP を算出する。

*補正係数K

ここで、補正係数Kの値は、実際に供給した酸素量と基準の酸素量との比率あるいは偏差に対応付けて予め設定しておく。例えば、実際の酸素供給量の方が基準の酸素量よりも大きい場合（比率が1より大）は、推定した微粒子堆積量よりも実際の堆積量の方が大きいことを示しているから、補正係数Kの値を「1」より大きな値とする。逆に、実際の酸素供給量の方が基準の酸素量よりも小さい場合（比率が1より小）は、補正係数Kの値を「1」より小さな値とする。こうすれば、触媒上に堆積する含炭素浮遊微粒子の推定値を、実際の推定値により近づけて推定精度を向上させることが可能となる。

【0125】以上、各種の実施例について説明してきたが、本発明は上記すべての実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することができる。

【0126】例えば、上述の変形例においては、触媒上に堆積する含炭素浮遊微粒子の推定値を、酸素供給量に基づいて補正するものとして説明した。これに対して、体積微粒子燃焼制御中に、排気ガス空燃比をリーンとしたときの触媒昇温量に基づいて補正しても良い。すなわち、排気ガス浄化触媒上の含炭素浮遊微粒子の堆積量が少なくなれば、それに伴って触媒の昇温量も小さくなり、逆に堆積量が多くなれば昇温量も大きくなる。このことから、例えば、排気ガス空燃比をリーンとしたときの触媒昇温量を検出し、検出した昇温量が所定の閾値よりも大きければ、推定した堆積量よりも多くの微粒子が堆積していたことを示している。逆に、検出した昇温量が小さければ、実際に堆積していた微粒子量は推定した堆積量よりも少ないことを示している。従って、検出した昇温量に応じて、触媒上に堆積する微粒子の推定値を補正すれば、実際の推定値により近づけることが可能となるので好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の排気ガス浄化装置を適用したディーゼルエンジンの構成を示す説明図である。

【図2】本実施例のディーゼルエンジンに搭載された排気ガス浄化触媒の構造を示す説明図である。

【図3】本実施例のディーゼルエンジンのエンジン制御ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図4】制御モードを表示するデータの構造を示す説明図である。

【図5】各種の制御量がエンジンの運転条件に対するマップとして記憶されている様子を概念的に示した説明図である。

【図6】エンジンの制御内容を規定する制御モードを設定する処理の流れを示したフローチャートである。

… (2)

【図7】触媒再生処理の禁止領域を概念的に示す説明図である。

【図8】制御モードの設定内容と、触媒再生制御の内容との対応関係をまとめて示した説明図である。

【図9】制御モードの設定内容に応じて、制御モードを切替ながら触媒再生制御を行う様子を示す説明図である。

【図10】第2実施例における排気ガス浄化触媒が活性酸素を放出することにより、捕集した含炭素浮遊微粒子を浄化する原理を示す説明図である。

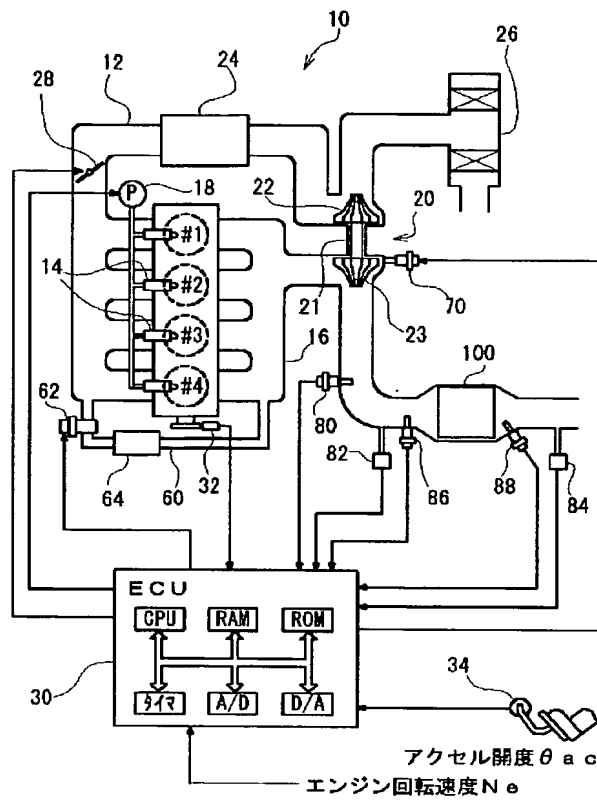
【図11】第2実施例の本実施例の排気ガス浄化装置において、微粒子の堆積量を推定する処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】実際の触媒温度と定常状態での触媒温度との偏差に対応付けて、温度補正係数が記憶されている様子を概念的に示した説明図である。

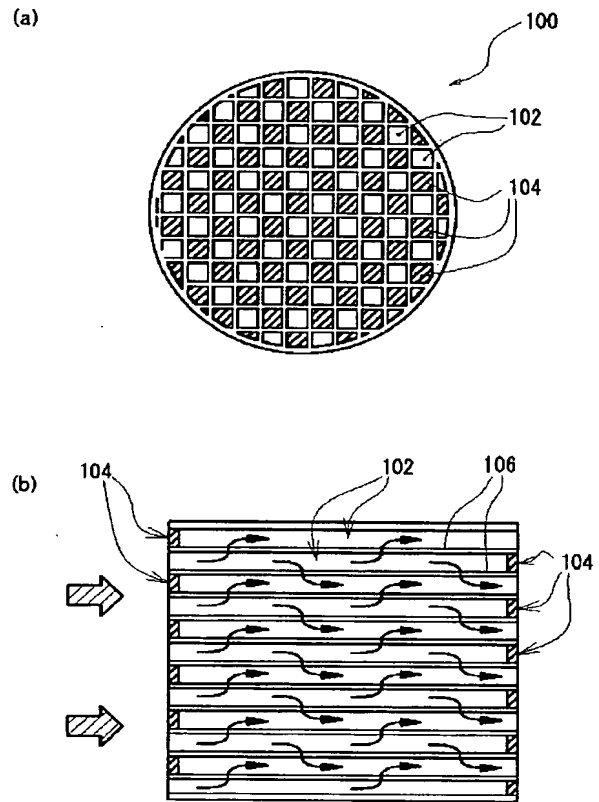
【符号の説明】

- 10…ディーゼルエンジン
- 12…吸気管
- 14…燃料噴射弁
- 16…排気管
- 18…燃料供給ポンプ
- 20…過給器
- 21…タービン
- 22…コンプレッサ
- 23…シャフト
- 24…インタークーラ
- 26…エアクリーナ
- 28…スロットル弁
- 30…エンジン制御用ECU
- 32…クランク角センサ
- 34…アクセル開度センサ
- 60…EGR通路
- 62…EGR弁
- 64…EGRクーラ
- 70…アクチュエータ
- 80…空燃比センサ
- 82, 84…圧力センサ
- 86, 88…温度センサ
- 100…排気ガス浄化触媒
- 102…通路
- 106…隔壁
- 200…排気ガス浄化触媒
- 203…NO_x蓄積剤
- 204…貴金属触媒

【図1】



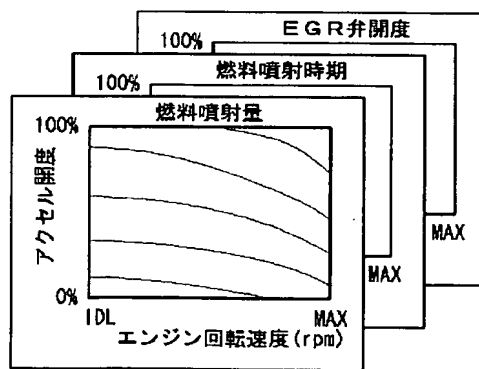
【図2】



【図4】



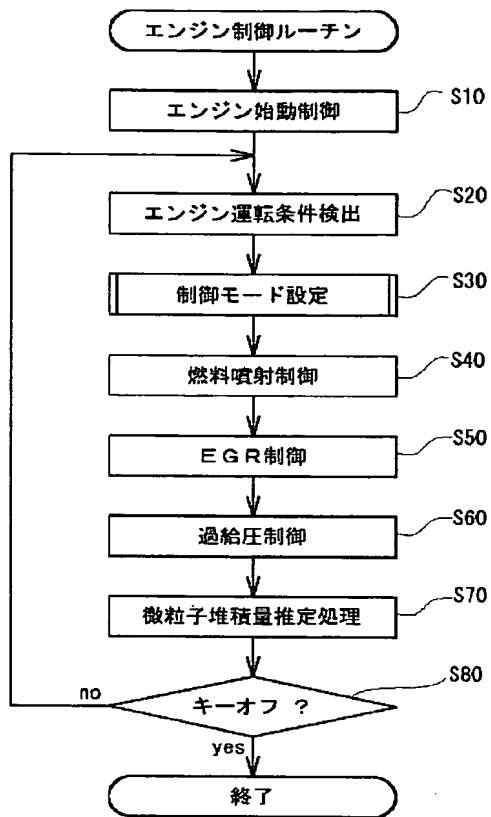
【図5】



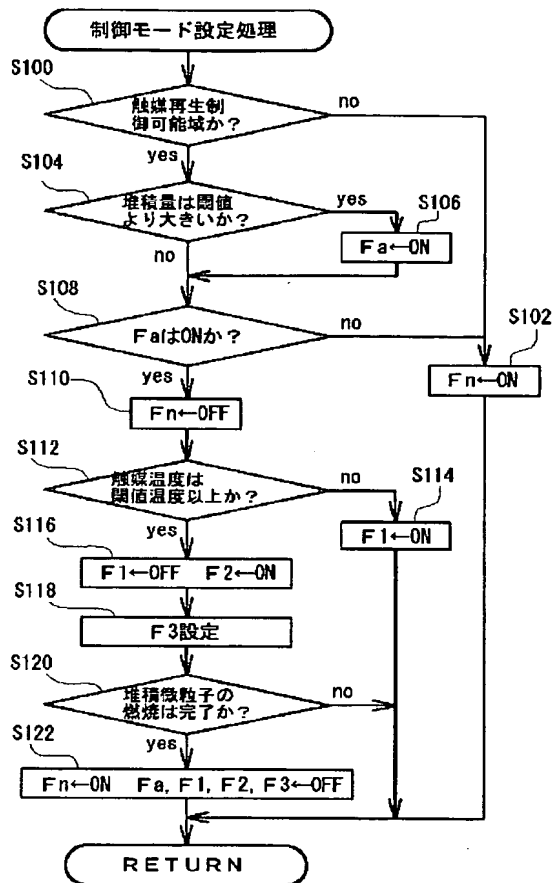
【図12】

温度差	-60以下	-40	-20	0	20	40	60	80以上
Ktmp	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

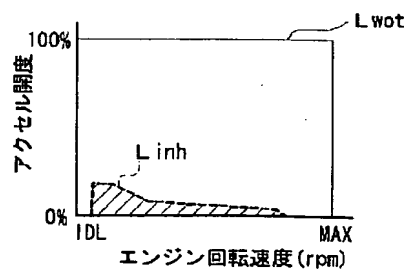
【図3】



【図6】



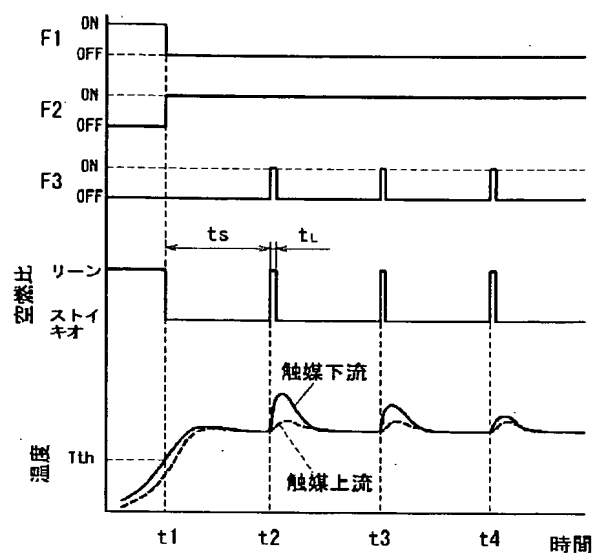
【図7】



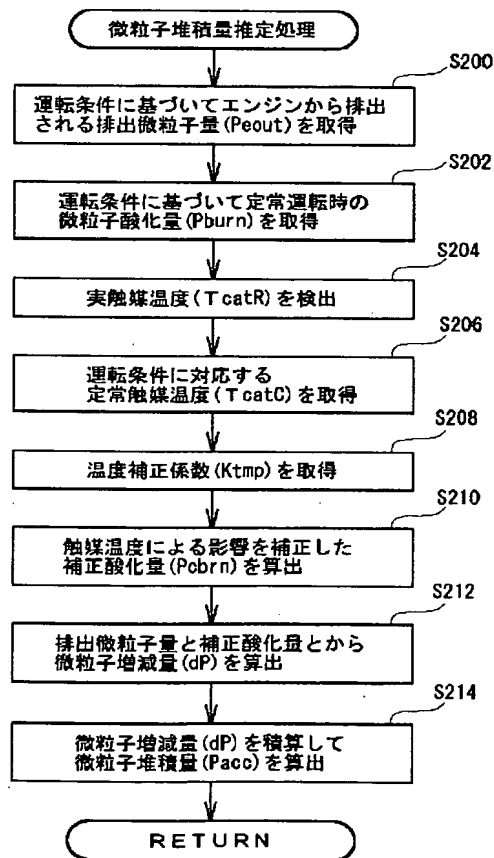
【図8】

Fn	Fa	F1	F2	F3	エンジンの制御状態
ON	—	—	—	—	通常運転
OFF	ON	—	—	—	触媒再生制御
ON	ON	—	—	—	触媒再生制御中断 (禁止領域)
OFF	ON	ON	OFF	—	触媒昇温制御
OFF	ON	OFF	ON	ON/OFF	堆積微粒子燃焼制御

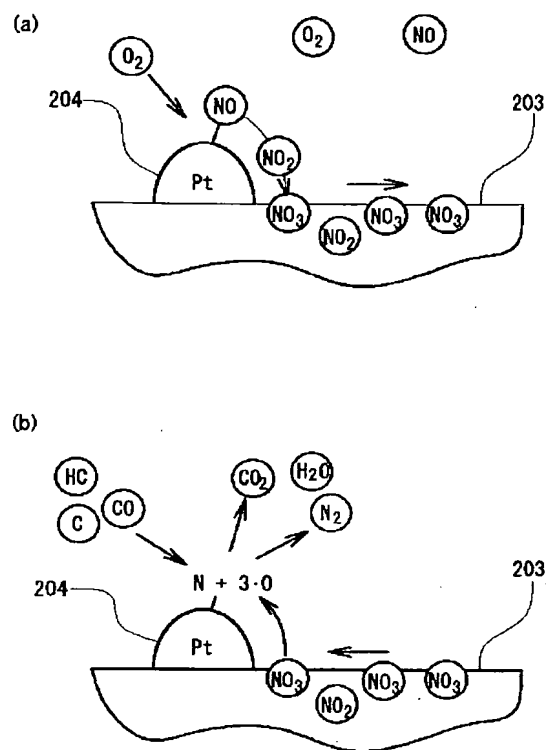
【図9】



【図11】



【図10】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3G090 AA03 BA01 CA01 CA02 DA04
DA13 DA18 DA20 EA04 EA05
EA06
4D019 AA01 BA05 BB06 BC07 CA01
4D048 AA14 AB01 AB07 AC06 BA01Y
BA02Y BA14X BA15X BA18X
BA30X BA31X BA32Y BA33Y
BB02 BB14 BD04 CC38 DA01
DA02 DA03 DA06 DA07 DA08
DA10 DA13 DA20 EA04
4D058 JA32 MA44 MA51 MA52 MA54
PA01 PA04 PA08 SA08